



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2004 030 836 A1 2006.01.26

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2004 030 836.5

(22) Anmeldetag: 25.06.2004

(43) Offenlegungstag: 26.01.2006

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: A61B 19/00 (2006.01)

(71) Anmelder:

Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:

Durlak, Peter, 91056 Erlangen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 196 21 540 A1

DE 196 08 971 A1

DE 101 57 965 A1

US2004/00 97 805 A1

US2003/01 58 477 A1

US 65 56 695 B1

US 63 68 285 B1

EP 14 42 707 A2

EP 09 30 046 A2

WO 02/0 82 375 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

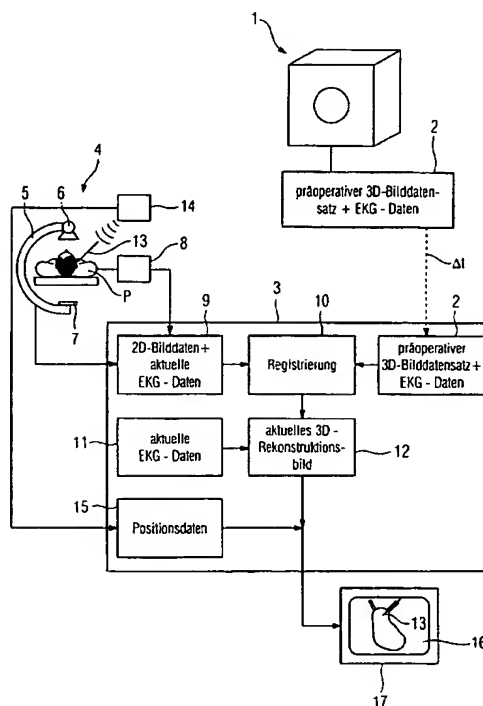
(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Bilddarstellung eines in einen sich rhythmisch oder arhythmisch bewegenden Untersuchungsbereich eines Patienten eingebrachten medizinischen Instruments, insbesondere eines Katheters**

(57) Zusammenfassung: Verfahren zur Bilddarstellung eines in einen sich rhythmisch oder arhythmisch bewegenden Untersuchungsbereich eines Patienten eingebrachten medizinischen Instruments, insbesondere eines Katheters, mit folgenden Schritten:

- Verwendung eines präoperativ aufgenommenen 3-D-Bilddatensatzes des Untersuchungsbereichs mit zugeordneten EKG-Daten zur phasen- und zeitbezogenen Auflösung der Bilddaten zur Erzeugung eines 3-D-Rekonstruktionsbilds des sich bewegenden Untersuchungsbereichs,
- Aufnahme lediglich eines aktuellen 2-D-Durchleuchtungsbilds des Untersuchungsbereichs und Erfassung der EKG-Daten zu dem 2-D-Durchleuchtungsbild,
- Registrierung des 3-D-Bilddatensatzes mit dem 2-D-Durchleuchtungsbild anhand der EKG-Daten zur Ermöglichung einer lagerichtigen Darstellung des 3-D-Rekonstruktionsbilds,

wonach

- kontinuierlich die aktuellen EKG-Daten aufgenommen und über diese die Darstellung des sich bewegenden 3-D-Rekonstruktionsbilds getriggert wird und
- kontinuierlich die aktuellen Positionsdaten des Instruments mittels eines Navigationssystems in einem mit dem Koordinatensystem des 3-D-Rekonstruktionsbilds registrierten Koordinatensystem erfolgt und das Instrument im 3-D-Rekonstruktionsbild lagerichtig dargestellt wird.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bild-darstellung eines in einen sich rhythmisch oder arhythmisch bewegenden Untersuchungsbereich eines Patienten eingebrachten medizinischen Instruments, insbesondere eines Katheters.

**Stand der Technik**

**[0002]** Im Rahmen minimal-invasiver Interventionen, bei denen beispielsweise Katheter in Hohlraum-gefäße, z.B. die Herzkranzgefäße geschoben werden, spielt die optische Darstellung des sich bewegendes Instruments in Bezug auf den Untersuchungsbereich eine zentrale Rolle, um dem Arzt die Navigation des Instruments, das für ihn nach dem Einführen in den Patienten nicht mehr sichtbar ist, zu ermöglichen. Hierzu ist es bekannt, unter Verwendung einer Röntgeneinrichtung im Durchleuchtungsmodus kontinuierlich zweidimensionale Röntgenstrahlungsbilder aufzunehmen und auszugeben, anhand derer der Arzt navigiert. Die Navigation anhand dieser 2D-Bilder ist aufgrund der fehlenden Tiefeninformation beziehungsweise räumlichen Information schwierig, darüber hinaus ist die Patientenbelastung infolge der kontinuierlichen Strahlungsbildaufnahme während der Intervention relativ hoch.

**Aufgabenstellung**

**[0003]** Der Erfindung liegt damit das Problem zugrunde, ein Verfahren anzugeben, das eine aussagekräftige Bilddarstellung des Katheters bei gleichzeitiger minimaler Strahlungsbelastung des Patienten ermöglicht.

**[0004]** Zur Lösung dieses Problems sind bei einem Verfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß folgende Schritte vorgesehen:

- Verwendung eines präoperativ aufgenommenen 3D-Bilddatensatzes des Untersuchungsbereichs mit zugeordneten EKG-Daten zur phasen- und zeitbezogenen Auflösung der Bilddaten zur Erzeugung eines 3D-Rekonstruktionsbilds des sich bewegendes Untersuchungsbereichs,
- Aufnahme lediglich eines aktuellen 2D-Durchleuchtungsbilds des Untersuchungsbereichs und Erfassung der EKG-Daten zu dem 2D-Durchleuchtungsbild,
- Registrierung des 3D-Bilddatensatzes mit dem 2D-Durchleuchtungsbild anhand der EKG-Daten zur Ermöglichung einer lagerichtigen Darstellung des 3D-Rekonstruktionsbilds, wonach
- kontinuierlich die aktuellen EKG-Daten aufgenommen und über diese die Darstellung des sich bewegendes 3D-Rekonstruktionsbilds getriggert wird, und
- kontinuierlich die aktuellen Positionsdaten des

Instruments mittels eines Navigationssystems in einem mit dem Koordinatensystem erfolgt und das Instrument im 3D-Rekonstruktionsbild lagerichtig dargestellt wird.

**[0005]** Das erfindungsgemäße Verfahren sieht zunächst die Verwendung eines präoperativ, also vor der Instrument-Intervention aufgenommenen 3D-Bilddatensatzes, dem die während der Aufnahme erfassten EKG-Daten zugeordnet sind, über die dem 3D-Datensatz eine vierte Dimension aufgeprägt wird, vor. Dieser präoperative Bilddatensatz kann mit einer beliebigen Bildaufnahme-modalität, z.B. einem Computertomographen, einem Magnetresonanzenzgerät oder einer Ultraschalleinrichtung aufgenommen worden sein. Er enthält Bilddaten, die über mehrere Zyklen das sich bewegendes Untersuchungsobjekt, also beispielsweise das Herz darstellen. Anhand der EKG-Daten kann zu jedem Einzelbild des 3D-Bilddatensatzes genau angegeben werden, zu welchem Zeitpunkt und in welcher Phase sich das Untersuchungsobjekt während der Aufnahme des Einzelbilds, also der 2D-Einzelprojektion befand. Anhand dieses 3D-Bilddatensatzes ist es nun möglich, ein sich bewegendes Rekonstruktionsbild zu ermitteln, das das sich bewegendes Untersuchungsobjekt, also z.B. das schlagende Herz nach Art eines Films zeigt. Dieses 3D-Rekonstruktionsbild des sich bewegendes Untersuchungsbereichs ist anschließend die räumliche Umgebung, in der das Instrument, also beispielsweise der zum Herzen geführte Katheter, lage-, positions- und orientierungsgenau eingeblendet werden soll.

**[0006]** Um diese Einblendung entsprechend genau vornehmen zu können, ist zu bestimmen, in welcher Position sich der Untersuchungsbereich während der nachfolgenden Intervention befindet. Um dies zu ermöglichen ist vorgesehen, lediglich ein aktuelles 2D-Durchleuchtungsbild des Untersuchungsbereichs und zu ihm die EKG-Daten im Erfassungszeitpunkt aufzunehmen. Das 2D-Durchleuchtungsbild wird in einem der Bildaufnahmeeinrichtung zugeordneten Koordinatensystem aufgenommen, das naturgemäß ein anderes ist als das Koordinatensystem, in dem die Einzelbilder des 3D-Bilddatensatzes aufgenommen wurden. Im nächsten Schritt wird nun das 2D-Durchleuchtungsbild mit dem 3D-Bilddatensatz registriert, das heißt, es wird eine Abbildungsvorschrift bestimmt, die die Abbildung der beiden unterschiedlichen Koordinatensysteme aufeinander ermöglicht. Nach der Registrierung ist es nun möglich, jeden Punkt im Koordinatensystem, in dem der 3D-Bilddatensatz aufgenommen wurde, lagegenau in das Koordinatensystem der 2D-Durchleuchtungsbildaufnahmeeinrichtung abzubilden. Zur Registrierung ist erfindungsgemäß lediglich ein einziges Mal ein Strahlungsbild aufzunehmen, nachdem aufgrund der gleichzeitigen Erfassung der EKG-Daten eine exakte Phasen- und Zeitordnung möglich ist. Unter

„2D-Durchleuchtungsbild“ ist bei Verwendung einer lediglich eine Strahlungsquelle-Strahlungsempfänger-Kombination aufweisenden Röntgeneinrichtung ein Einzelbild zu verstehen, bei einem Biplan-Gerät, bei dem zwei derartige Kombinationen, die unter einem Winkel von 90° zueinander stehen, vorgesehen sind, können auch zwei Einzelprojektionen im Rahmen der einzigen Strahlenabtastrung zu Registrierungszwecken aufgenommen werden.

**[0007]** Sind beide Koordinatensysteme und damit die Datensätze registriert, erfolgt lediglich noch die Aufnahme der aktuellen EKG-Daten, die allein für die Triggerung der 3D-Rekonstruktionsbilddarstellung verantwortlich sind. Denn aufgrund der Koordinatensystemregistrierung wie auch der Zuordnung der EKG-Daten kann anhand der aktuellen EKG-Daten zu jedem Zeitpunkt genau diejenige 3D-Darstellung rekonstruiert werden, die phasen- und zeitbezogen und aufgrund der Koordinatensystemregistrierung auch lagebezogen die aktuelle Form des Untersuchungsbereichs wiedergibt, wenngleich es sich nicht um aktuelle Bilddaten, sondern um präoperativ aufgenommene Daten handelt. Auf diese Weise wird gewährleistet, dass bei minimaler Strahlenbelastung lediglich auf Basis aktueller EKG-Daten eine phasen- und zeitrichtige und lagerichtige dreidimensionale Darstellung des Herzens möglich ist.

**[0008]** Neben den aktuellen EKG-Daten werden zur Darstellung des medizinischen Instruments, bei dem es sich um ein beliebiges Instrument handeln kann, dessen Positionsdaten unter Verwendung eines Navigationssystems kontinuierlich erfasst. Die Datenerfassung erfolgt in einem systemeigenen, hier nun dritten Koordinatensystem, das mit dem Koordinatensystem des 3D-Rekonstruktionsbilds registriert ist. Dies ermöglicht es nun, die aktuellen Positionsdaten wiederum im 3D-Rekonstruktionsbild abzubilden, so dass das Instrument lage-, positions- und orientierungsgenau dargestellt werden kann. Das Navigationssystem selbst kann beliebiger Natur sein. Beispielsweise können am Instrument, z.B. einem flexiblen Katheter, im Bereich der Spitze ein oder mehrere Signalsender vorgesehen sein, extern sind mehrere Empfänger positioniert, die die Signale erfassen und einer Auswerteeinrichtung geben, die daraus die aktuellen systembezogenen Positionsdaten ermittelt, wonach die Datentransformation aufgrund der Registrierung erfolgt.

**[0009]** Insgesamt lässt das erfindungsgemäße Verfahren eine den Patienten nur minimal strahlenbelastende kontinuierliche Darstellung des sich bewegenden Untersuchungsbereichs bei gleichzeitiger lagegenauer Darstellung des Instruments im 3D-Volumen zu.

**[0010]** Grundsätzlich ist es nicht erforderlich, nach der eingangs erfolgten Registrierung des 2D-Durch-

leuchtungsbilds mit dem 3D-Bilddatensatz weitere 2D-Durchleuchtungsbilder aufzunehmen, gleichwohl kann dies mitunter dann zweckmäßig sein, wenn die Gefahr besteht, dass sich der Patient bewegt oder bewegt wird, mithin also die aktuelle Position des Untersuchungsbereichs wenn auch nur gering geändert wird. Um solche Änderungen zu erfassen sieht eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung vor, das intermittierend weitere 2D-Durchleuchtungsbilder und die zugehörigen EKG-Daten aufgenommen werden, anhand welcher die Registrierung und die lagerichtige Darstellung des 3D-Rekonstruktionsbilds überprüft und gegebenenfalls korrigiert wird. Es wird also von Zeit zu Zeit ein 2D-Kontrollbild aufgenommen, in Abhängigkeit dessen die gegebene Registrierungssituation überprüft wird. Ergibt die Analyse, dass die im Rahmen der Registrierung gefundenen Abbildungsparameter nach wie vor zutreffen, mithin also der Untersuchungsbereich sich lagemäßig nicht verändert hat, besteht kein Korrekturbedarf, andernfalls gibt die Analyse einen Mismatch. Anhand einer erneuten Registrierungsprozedur wird eine korrigierte Abbildungsvorschrift ermittelt, die anschließend der gesamten weiteren 3D-Bildrekonstruktion und der entsprechenden Darstellung am Monitor wie auch der Einblendung des Instruments im Volumen zugrunde gelegt. Die intermittierende Strahlungsbilddarstellung kann beispielsweise im Minutentakt oder alle drei oder fünf Minuten erfolgen. Die letztendliche Taktung ist abhängig von der Gesamtdauer der Intervention. Zweckmäßigerweise kann das Aufnahmezeitintervall anwenderseitig eingestellt und so der aktuellen Situation angepasst, gegebenenfalls auch bedarfsabhängig während der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geändert werden.

#### Ausführungsbeispiel

**[0011]** Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus dem im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispiel sowie anhand der Zeichnung.

**[0012]** In dieser ist zum einen eine erste Untersuchungsmodalität 1, im gezeigten Beispiel ein Magnetresonanztomograph, gezeigt, das zur Aufnahme eines präoperativen 3D-Bilddatensatzes sowie der zugehörigen EKG-Daten, die von einer nicht näher gezeigten Erfassungseinrichtung abgeleitet sind, dient, was im mit 2 gekennzeichneten Feld dargestellt ist.

**[0013]** Dieser präoperative 3D-Bilddatensatz und die zugehörigen EKG-Daten werden zu einem beliebigen späteren Zeitpunkt ( $\Delta t$ ) einer Steuerungs- und Verarbeitungseinrichtung 3 einer erfindungsgemäßen medizinischen Untersuchungseinrichtung 4, hier in Form einer C-Bogen-Röntgeneinrichtung 5 gegeben und dort abgelegt. Die C-Bogen-Röntgeneinrichtung 5 umfasst in bekannter Weise eine Strahlungsquelle 6 und einen Strahlungsempfänger 7, sie dient

zur Aufnahme eines 2D-Durchleuchtungsbilds. Diese Bilddaten werden ebenfalls der Steuerungseinrichtung 3 gegeben. Über eine EKG-Erfassungseinrichtung 8 wird parallel zur 2D-Bildaufnahme das EKG erfasst. Die EKG-Daten werden nun den 2D-Bilddaten zugeordnet beziehungsweise der genaue Erfassungszeitpunkt des 2D-Bildes bezogen auf das EKG bestimmt, so dass exakt definiert ist, zu welchem Zeitpunkt und zu welcher Phase der Untersuchungsbereich, im gezeigten Beispiel das Herz, in Form des 2D-Bilds aufgenommen wurde (siehe Feld 9 in der Figur).

**[0014]** Nach erfolgter 2D-Bildaufnahme, die ein einziges Mal zu Registrierungszwecken erfolgt, werden die 2D-Bilddaten und der 3D-Bilddatensatz anhand der jeweiligen EKG-Daten miteinander registriert, wie im Feld 10 dargestellt ist. Im Rahmen der Registrierung werden die den beiden Bildaufnahmemodalitäten 1 beziehungsweise 5 zugeordneten Koordinatensysteme miteinander zur Ermittlung einer gemeinsamen Abbildungsvorschrift registriert. Anhand der Registrierung in Verbindung mit der Erfassung der aktuellen EKG-Daten über die EKG-Erfassungseinrichtung 8, dargestellt im Feld 11, ist es nun möglich, ein aktuelles 3D-Rekonstruktionsbild aus dem 3D-Bilddatensatz phasen- und zeitrichtig zu rekonstruieren, das heißt, zu jedem beliebigen Zeitpunkt kann im gezeigten Beispiel das Herz in seiner Ist-Form dargestellt werden, nachdem die aktuellen EKG-Daten es zulassen, genau diejenigen Bilddaten aus dem 3D-Bilddatensatz zur Rekonstruktion zu verwenden, die zur selben Phase und zum selben Zeitpunkt, wie ihn das aktuelle EKG vorgibt, aufgenommen wurden. Dieses aktuelle 3D-Rekonstruktionsbild ist im Feld 12 angegeben.

**[0015]** Um nun ein eingeführtes medizinisches Instrument 13, beispielsweise einen flexiblen Herzkatheter, im aktuellen 3D-Rekonstruktionsbild darstellen zu können, wird das Instrument 13 über ein Navigationssystem 14, das beliebiger Natur sein kann, erfasst und die entsprechenden Positionsdaten, dargestellt im Feld 15, kontinuierlich aufgenommen. Das Koordinatensystem des Navigationssystems 14, in dem die Positionsdaten aufgenommen werden, ist mit dem Koordinatensystem des 3D-Bilddatensatzes und damit über eine entsprechende Abbildungsvorschrift auch mit dem aktuellen 3D-Rekonstruktionsbild registriert. Anhand der Positionsdaten 15 ist es nun möglich, im resultierenden Bild 16, dargestellt an einem Monitor 17, zum einen das sich bewegende Herz kontinuierlich in seiner Bewegung darzustellen und gleichzeitig lage- und orientierungsgenau das Instrument 13 im Volumenbild einzublenden. Der Arzt kann so nach Art eines Videofilms kontinuierlich das pulsierende Herz sehen, es wird ihm – wenngleich basierend auf einem präoperativen 3D-Bilddatensatz – in Folge der kontinuierlich aufgenommenen aktuellen EKG-Daten in seiner aktuellen Bewegung und da-

mit der aktuellen Position dargestellt. Aufgrund der Einblendung des Instruments 13 in diese aktuelle Bewegungsdarstellung kann er ohne weiteres navigieren. Die Strahlungsbelastung des Patienten ist auf ein Minimum reduziert.

**[0016]** Um etwaige Positionsänderungen des Patienten P während der Intervention, die aus welchen Gründen auch immer vorkommen können, und die die gegebene Registrierung der zu Anfang aufgenommenen 2D-Bilddaten mit dem 3D-Bilddatensatz verändern beziehungsweise ungültig werden lassen, so dass letztlich das aktuelle 3D-Rekonstruktionsbild das Herz nicht mehr in seiner Ist-Lage darstellen kann, erfassen zu können, ist es zweckmäßig, wenn von Zeit zu Zeit erneut ein 2D-Durchleuchtungsbild aufgenommen wird und die Registrierung im Feld 10 überprüft und gegebenenfalls aktualisiert wird.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Bilddarstellung eines in einen sich rhythmisch oder arhythmisch bewegenden Untersuchungsbereich eines Patienten eingebrachten medizinischen Instruments, insbesondere eines Katheters, mit folgenden Schritten:

- Verwendung eines präoperativ aufgenommenen 3D-Bilddatensatzes des Untersuchungsbereichs mit zugeordneten EKG-Daten zur phasen- und zeitbezogenen Auflösung der Bilddaten zur Erzeugung eines 3D-Rekonstruktionsbilds des sich bewegenden Untersuchungsbereichs,
- Aufnahme lediglich eines aktuellen 2D-Durchleuchtungsbilds des Untersuchungsbereichs und Erfassung der EKG-Daten zu dem 2D-Durchleuchtungsbild,
- Registrierung des 3D-Bilddatensatzes mit dem 2D-Durchleuchtungsbild anhand der EKG-Daten zur Ermöglichung einer lagerichtigen Darstellung des 3D-Rekonstruktionsbilds, wonach
- kontinuierlich die aktuellen EKG-Daten aufgenommen und über diese die Darstellung des sich bewegenden 3D-Rekonstruktionsbilds getriggert wird, und
- kontinuierlich die aktuellen Positionsdaten des Instruments mittels eines Navigationssystems in einem mit dem Koordinatensystem des 3D-Rekonstruktionsbild registrierten Koordinatensystem erfolgt und das Instrument im 3D-Rekonstruktionsbild lagerichtig dargestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass intermittierend weitere 2D-Durchleuchtungsbilder und die zugeordneten EKG-Daten aufgenommen werden, anhand welcher die Registrierung und die lagerichtige Darstellung des 3D-Rekonstruktionsbilds überprüft und gegebenenfalls korrigiert wird.

3. Medizinische Untersuchungseinrichtung (4),

DE 10 2004 030 836 A1 2006.01.26

ausgebildet zur Durchführung des Verfahrens nach  
einem der vorangehenden Ansprüchen.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

